

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-114354

(43) 公開日 平成9年(1997)5月2日

(51) Int. Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 3 H 1/22			G 0 3 H 1/22	
G 0 2 B 5/32			G 0 2 B 5/32	
G 0 3 B 21/58			G 0 3 B 21/58	Z

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平7-275453

(22) 出願日 平成7年(1995)10月24日

Jap. Pat. OPI No. 9-114354 (5-2-97)
Jap. Pat. Appln. No. 7-275453 (10-24-95)
Applicant: DENSO CORP

(71) 出願人 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 発明者 鯉江 和俊

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電
装株式会社内

(72) 発明者 小池 理

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電
装株式会社内

(72) 発明者 西井 克昌

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電
装株式会社内

(74) 代理人 弁理士 大川 宏

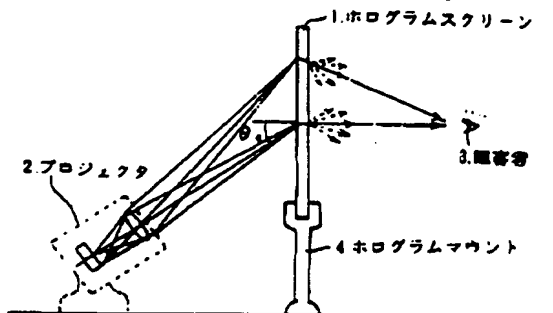
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ホログラム表示装置

(57) 【要約】

【課題】 視域が均等で光源利用効率が高い表示輝度の優れたホログラム表示装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 このホログラム表示装置は所定の映像を投射するプロジェクタ2と、投射され結像した実像を該プロジェクタと反対側の観察者3の方へ回折するホログラムスクリーン1とを有し、このホログラムスクリーンはそのホログラム中心での回折効率のピークが550nm±30nmであることを特徴とする。この回折効率はその半値幅が80nm以上であるのが好ましい。これによりフルカラーの表示ができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定の映像を投射するプロジェクタと、投射され結像した実像を該プロジェクタと反対側の観察者の方へ回折するホログラムスクリーンと、を有するフルカラー表示装置において、

前記ホログラムスクリーンはそのホログラム中心での回折効率のピークが $550\text{ nm} \pm 30\text{ nm}$ であることを特徴とするホログラム表示装置。

【請求項2】 前記回折効率はその半値幅が 80 nm 以上である請求項1記載のホログラム表示装置。

【請求項3】 前記ホログラムスクリーンは多重に記録した干渉縞をもつ請求項2記載のホログラム表示装置。

【請求項4】 前記ホログラムスクリーンは投射光を回折する干渉縞をもつ感光板を具備する請求項1～請求項3記載のホログラム表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、プロジェクタでホログラムスクリーンに投射した映像と、ホログラムスクリーン背面の背景を同時に観察できるようにしたホログラム表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来のホログラムスクリーンのホログラムは、再生光学系と露光光学系の光の入射角を同じにしている。そのため、ホログラム作成に使用したレーザの波長が再生光の中心波長となる。通常、ホログラム作成に使用するレーザの波長として 514 nm が使用されているため、再生光の中心波長も同じく 514 nm となる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 再生光の中心波長の 514 nm は青色に近い為、視域が一方に偏る。また、表示輝度に関しても、光源のスペクトル分布を考慮してあるわけではないので、光源の利用効率が良くなかった。本発明はかかる問題を解消するもので視域が均等で光源利用効率が高い表示輝度の優れたホログラム表示装置を提供することを目的とする。

【0004】

【課題を解決するための手段】 本発明では、ホログラム回折光の中心波長を可視域の中心波長と一致するようにしたものである。すなわち、本発明のホログラム表示装置は、ホログラム中心での回折効率のピークが $550\text{ nm} \pm 30\text{ nm}$ であるホログラムスクリーンをもつ。本発明のホログラム表示装置はホログラム回折光の中心波長を可視域の中心波長としたため、視域が中心に対して均等となり、また、光源の利用効率が良くなり、表示輝度が向上する。

【0005】

【発明の実施形態】 本発明のホログラム表示装置は、ホログラム中心での回折効率のピークが $550\text{ nm} \pm 30$

2

nm であるホログラムスクリーンをもつ。回折効率はその半値幅が 80 nm 以上であるのが好ましい。半値幅を広くすることにより広い波長域において光源の利用効率が高く、よりフルカラーに対応できる。

【0006】 回折効率の半値幅を広くするには多重に記録した干渉縞をもつホログラムスクリーンを使用するのが効果的である。また、ホログラムスクリーンは重クロム酸ゼラチン、フォトリソマーなどからなり投射光を回折する干渉縞をもつ感光板を具備するものとするのが良い。

【0007】

【実施例】 図1に本発明の実施例のホログラム表示装置を示す。このホログラム表示装置は観察者3の正面に配置されたホログラムスクリーン1とこのホログラムスクリーン1を支持するホログラムマウント4およびホログラムスクリーン1に対して観察者3と反対側に設けられたプロジェクタ2とからなる。このホログラムスクリーン1は、その中心における入射角度 θ_0 を 35 度に、出射角度をホログラムスクリーン1と垂直な 0 度に設定され、かつ図2に示す最大回折効率 η_0 、即ちピークが 550 nm の回折効率を持つように作られている。また、この回折効率の半値（最大回折効率 η_0 の $1/2$ 、即ち $\eta_0/2$ ）の幅、即ち半値幅は 80 nm から 150 nm である。

【0008】 本実施例のホログラム表示装置は回折効率のピーク値を可視域である 400 nm から 700 nm の中間の 550 nm としているため、観察者3が、上下方向に移動したとしても、上方と下方で見える範囲（視域）が等しくなる。具体的には、図1において観察者3が下方に移動すると観察者3には回折光が短波長ヘシフトしたホログラムスクリーン1全体が青味がかかったように見えることになる。そしてさらに下方に移動すると回折光が弱まりもはや視認できなくなる。逆に、観察者3が上方に移動すると観察者3には回折光が長波長ヘシフトしたホログラムスクリーン1全体が赤味がかかったように見えることになる。そしてさらに上方に移動すると回折光が弱まりもはや視認できなくなる。観察者3が上下方向に移動したときに視認できる範囲（上方と下方で見える範囲）を視域といい、本実施例のホログラム表示装置は上方と下方で見える範囲（視域）が等しい。

【0009】 従来の 514 nm を中心とする回折効率をもつホログラムスクリーンをもつホログラム表示装置では、そのホログラムスクリーンの中心において既に短波長側にシフトしているため、観察者が上方に少し移動しただけで視認できなくなる。逆に観察者が下方に移動する場合には、相当移動しても視認できることになる。このように、従来の 514 nm を中心とする回折効率をもつホログラムスクリーンをもつホログラム表示装置は上下方向で視域が大きく異なり、上下が不均等となっている。

3

【0010】本実施例のホログラム表示装置はかかる視域が均一であり、視認し易い。さらに本実施例のホログラム表示装置は表示輝度が向上する。表示輝度は、表示装置のフィルターの分光分布、光源の分光分布および人の比視感度を掛け合わせたものとして示すことができる。表示装置としてLCD（液晶表示装置）を用いたときのそのフィルターの分光分布を図3に示す。また、光源としてメタルハライドランプを使用したときの分光分布を図4に示す。さらに人の比視感度を図5に示す。そしてこれらを掛け合わせた輝度を図6に示す。図6より分かるように輝度の最高ピークは550nm近傍にあり、中心波長を従来の514nmとするよりも、本発明の550nm付近にした方が、光源の利用効率が良くなる。このため本発明の実施例のホログラム表示装置は表示輝度が高い。

【0011】次に、本実施例のホログラム表示装置に用いたホログラムスクリーン1の製造方法を説明する。図7にホログラムスクリーン1に記録した干渉縞を作る光学系装置を示す。この光学系装置そのものは従来から知られているもので、この光学系装置はレーザ光を分光し、一方の光を参照光、他方の光を物体光とし、参照光と物体光によりホログラム乾板に干渉縞を形成するものである。

【0012】レーザ11としてはArレーザを使用し、このレーザ11から出射されたレーザの、波長は、514nmである。レーザ11を出射した光は、ミラー12で反射し、ハーフミラー13で、2つの光路に分割される。一方の光は、ミラー14、ミラー15、対物レンズ16を介して、参照光17としてホログラム乾板6に入射する。他方の光は、ミラー18、対物レンズ19を介し、対物面鏡20で平行光束にして、拡散板21を通過し、ハーフミラー22で反射した光は、物体光23としてホログラム乾板6に入射する。

【0013】ホログラム乾板6はメチレンブルーにより増感された重クロム酸ゼラチンからなり、露光により投射光を回折する干渉縞が感光される。そしてこの露光されたホログラム乾板6を現像定着することにより干渉縞が形成され、ホログラムスクリーン1が得られる。ホログラム乾板6に入射する参照光17および物体光23のそれぞれの入射角度は、拡大して図8に示すように参照光の入射角度 $\theta_1 = 33.9^\circ$ 、物体光の入射角度 $\theta_2 = 1.1^\circ$ である。

【0014】図1に示すようにプロジェクタ2から出射された光がホログラムスクリーン1に入射する入射角度は35度、出射角度は0度である。この入射角度を35度とし、出射角度を0度とし、ホログラムスクリーン1の屈折率を1.52とすると図9に示すように、スネルの法則に従い、このホログラムスクリーン1の干渉縞101と回折光とのなす角度は11.1度となる。

【0015】次にブラッグの条件 $2nd \cdot \sin \theta = m$

4

を考える。ここで、 n は媒体の屈折率であり、空気の屈折率は1、重クロム酸ゼラチン乾板の屈折率は1.52である。 d は干渉縞間隔、 θ は入射光と干渉縞のなす角度、 m は整数、 λ は光の波長である。 nd 、すなわち、媒体および干渉縞の変わらない所定のホログラムスクリーンでの波長の異なる2種類の波長 λ と λ' を考え、それら2種類の波長の光の入射光と干渉縞のなす角度を θ と θ' とすると、

$$2nd = m\lambda / \sin \theta = m\lambda' / \sin \theta'$$

$$\theta' = \sin^{-1} \{ (\lambda' / \lambda) \cdot \sin \theta \}$$

が成立する。

【0016】ここで $\lambda = 550\text{nm}$ （本発明のホログラムスクリーンのホログラム中心での回折効率のピーク波長）、 $\lambda' = 514\text{nm}$ （レーザ11を構成するArレーザの波長）、 $\theta = 11.1^\circ$ （ $\lambda = 550\text{nm}$ の光の入射光と干渉縞のなす角度）を導入すると、 $\theta' = 10.4^\circ$ （ $\lambda' = 514\text{nm}$ の光の入射光と干渉縞のなす角度）となる。

【0017】図10に、この干渉縞101と波長 λ' のなす角度 $\theta' = 10.4^\circ$ を示す。そして、スネルの法則により入射角度および出射角度を計算すると、それぞれ33.9度および1.1度となる。これらの入射角度および出射角度が図8に示す $\theta_1 = 33.9^\circ$ 、 $\theta_2 = 1.1^\circ$ になる。そしてホログラム乾板6に、波長514nmのレーザ光を使用し、参照光17の入射角度 $\theta_1 = 33.9^\circ$ 、物体光の入射角度 $\theta_2 = 1.1^\circ$ として露光することによりホログラム乾板6に干渉縞101が感光する。このホログラム乾板6を通常の方法で現像することにより、実施例に示すホログラムスクリーン1が得られる。

【0018】なお、ホログラム乾板6の現像時に見られるように乾板の厚さ変化に伴い干渉縞の傾きが変化する場合には、干渉縞の傾きを補正する必要がある。回折効率の半値幅を広げるには、半値幅の広いホログラム乾板の使用とか、多重露光により複数種の傾きを持つ干渉縞をもつホログラムスクリーンを得る等の手段が有効である。

【0019】他の実施例として、記録用レーザに色素レーザの発振波長 $550 \pm 30\text{nm}$ やKrレーザの530nmを用いて、直接35°入射、0°出射の方向で記録しても良い。

【0020】

【発明の効果】本発明のホログラム表示装置は回折効率のピークが $550\text{nm} \pm 30\text{nm}$ のホログラムスクリーンを用いている。即ち、可視域の中心波長である550nmを回折効率のピーク波長としたため、視域が中心に対して均等となり、また、光源の利用効率が良くなり、表示輝度が向上する。また、回折効率の半値幅を80nm以上と広くすることによりフルカラー特性が向上する。

5

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例のホログラム表示装置の模式図である。

【図2】実施例のホログラムスクリーンの回折特性を示す波長に対する回折効率の関係を示す線図である。

【図3】LCD（液晶表示装置）を用いたときフィルターの分光分布を示す線図である。

【図4】光源としてメタルハライドランプを使用したときの分光分布を示す線図である。

【図5】人の比視感度を示す線図である。

【図6】フィルターの分光分布、光源の分光分布、人の比視感度を掛け合わせた輝度と波長之関係を示す線図である。

【図7】実施例のホログラムスクリーンの干渉縞を作る光学系装置を示す。

6

【図8】図7に示す光学系装置のホログラム乾板に入射する参照光および物体光の入射角度を拡大して示す模式図である。

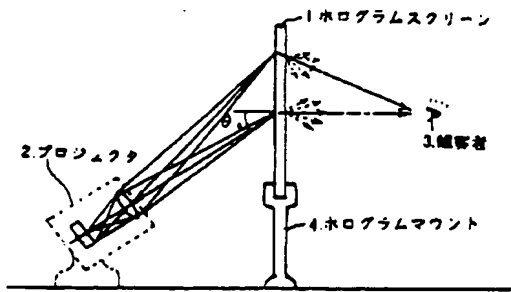
【図9】入射角度35度、出射角度0度のときの干渉縞と回折光とのなす角度を示す模式図である。

【図10】波長514nmの光の入射光と干渉縞のなす角度を示す模式図である。

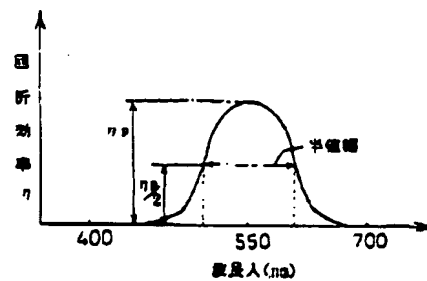
【符号の説明】

- | | |
|--------------|-----------|
| 1…ホログラムスクリーン | 2…プロジェクタ |
| 3…観察者 | |
| 4…ホログラムマウント | 6…ホログラム乾板 |
| 11…レーザ | 17…参照光 |
| 23…物体光 | |
| 101…干渉縞 | |

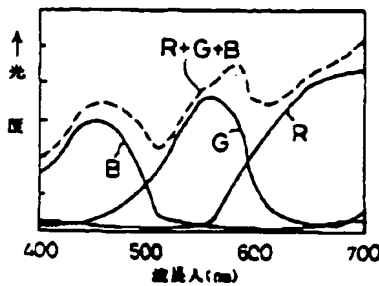
【図1】



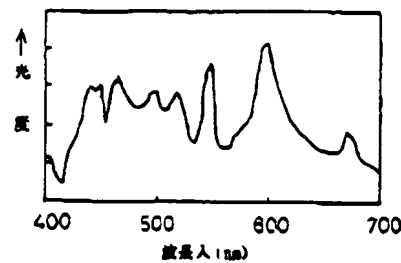
【図2】



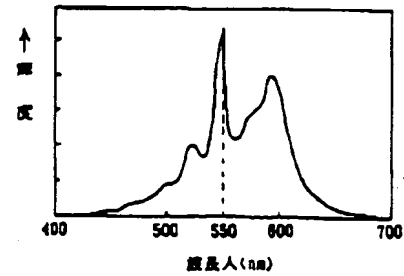
【図3】



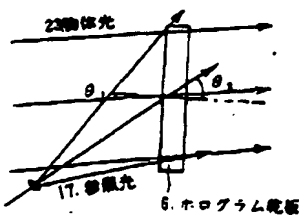
【図4】



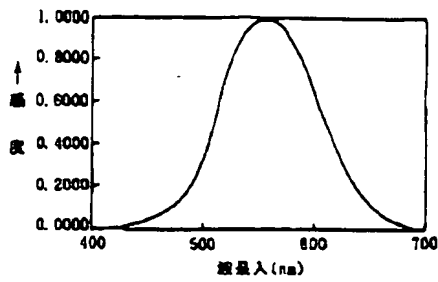
【図6】



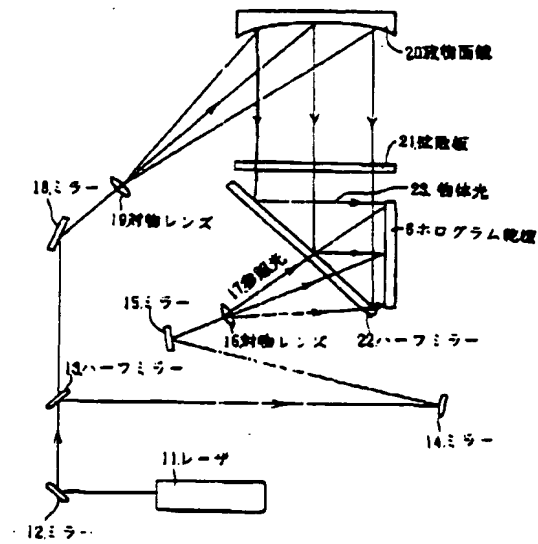
【図8】



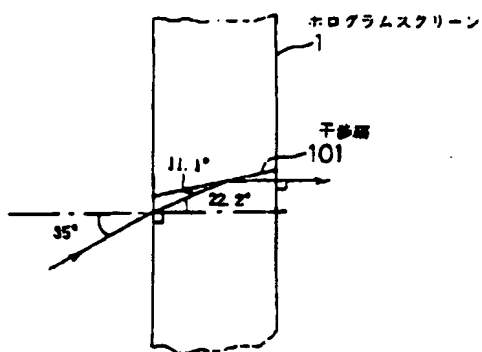
【図5】



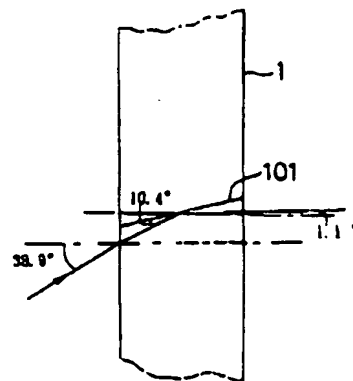
【図7】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 神田 知幸
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電
装株式会社内

JP 9-114354/RCA 88698 PCT/DPF(MPM)/No. 4425

- (19) Office of Patents, Government of Japan (JP)
(11) Patent Application Kokai (Laid Open) No. Toku Kai Hei 9-114354
(43) Kokai Date: May 2, 1997

--

- (51) Int. Cl.⁶ G 03 H 1/22, G 02 B 5/32, G 03 B 21/58

Discrimination Code:

Intra-office Coordination Nos.

F1. Technology disclosure location

G 03 H 1/22, G 02 B 5/32, G 03 B 21/56 Z

Request for Examination: Not filed as yet.

Number of Claims: Four OL

(Total No. of Pages - Five)

--

- (21) Application No. Toku Gan Hei 7-275453
(22) Date of Application: October 24, 1995
(71) Applicant: 000004260 Kabushiki Kaisha Denso (Denso Company, Limited),
One 1-chome, Showa Machi, Kariya Shi, Aichi Ken
(72) Inventor: Kazutoshi ... (Translator's Note: Surname is unclear
but looks like) ... Koie, c/o Nippon Denso Kabushiki Kaisha
(Nippon Denso Company, Limited), One 1-chome, Showa Machi, Kariya
Shi, Aichi Ken
(72) Inventor: Ri Koike, c/o Nippon Denso Kabushiki Kaisha, One 1-chome,
Showa Machi, Kariya Shi, Aichi Ken
(72) Inventor: Katsumasa Nishii, c/o Nippon Denso Kabushiki Kaisha, One
1-chome, Showa Machi, Kariya Shi, Aichi Ken
(74) Agent: Hiroshi Okawa, patent attorney
(72) Inventor: Tomoyuki Kanda, c/o Nippon Denso Kabushiki Kaisha, One
1-chome, Showa Machi, Kariya Shi, Aichi Ken

--

(54) (Title of Invention) Hologram Display Device

(57) (Summary)

(Task) Its purpose lies in offering a hologram display device in
which the field of vision is even, the rate of the utilization of

the source of light is high and the display luminance is superior.

(Means for Solution)

This hologram display device comprises a projector 2 that projects a prescribed image and a hologram screen 1 that diffracts the actual image that has been projected and formed toward the observer who is located on the opposite side, with the said hologram screen being characterized in that the peak of diffraction efficiency at the center of the hologram is 550 nm plus/minus 30 nm.

As for this diffraction efficiency, the half-value width should desirably be more than 80 nm. Because of this, a full-color display becomes possible.

(Insert Drawing on p. (1). 1. Hologram screen. 2. Projector. 3. Observer. 4. Hologram mount.)

--

(Scope of Claims for Patent)

(Claim 1)

A hologram which is characterized in that the hologram screen has the peak of the diffraction efficiency at the center of the hologram at 550 nm plus/minus 30 nm in a full-color display device comprising a projector that projects a prescribed image and a hologram screen that diffracts the real image that has been projected and formed toward the observer.

(Claim 2)

A hologram display device as described in Claim 1, where the said diffraction efficiency has its half-value width at more than 80 nm.

(Claim 3)

A hologram display device as described in Claim 2, where the said hologram screen has interference stripes that have been multiplex recorded.

(Claim 4)

A hologram display device as described in Claim 1 through Claim

3 in which the said hologram screen is equipped with a photosensitive plate having interference stripes that diffract the projected light.

(Detailed Explanation of the Invention)

(0001)

(Technical Field to Which This Invention Belongs)

This invention relates to a hologram display device which has been made capable of simultaneously observing the image that has been projected to the hologram screen by the projector and the background scene of the hologram screen back.

(0002)

(Technology According to Prior Art)

According to the prior art of the hologram screen, the angle of light incidence is the same in the reproduction optical system and the exposure optical system. Because of this, the laser wave length that has been used in the hologram preparation becomes the central wave-length of the reproduced light. In view of the fact 514 nm is used as the wave length of the laser used in the hologram preparation in ordinary cases, the central wave-length of the reproduced light also becomes 514 nm.

(0003)

(Problem to be Solved by the Invention)

In view of the fact that 514 nm which is the central wave-length of the reproduced beam is close to blue, the field of vision tends to be biased to one side. Regarding the display luminance, too, the spectral distribution of the light source is not taken into consideration, with a natural result that the utilization efficiency of the light source has not been satisfactory.

This invention has been culminated for the purpose of solving such a problem. The purpose of this invention, therefore, lies in offering a hologram device whose field of sight is uniform, the efficiency of the utilization of the light source is high and the display luminance is high.

(0004)

(Means for Solving the Problem)

The hologram display device according to this invention should preferably have a hologram screen where the peak of the diffraction efficiency at the center of the hologram is 550 nm plus/minus 30 nm. The diffraction efficiency should preferably have its half-value width at more than 80 nm. By widening the half-value width, the use efficiency of the light source in a wide wave-length range can be raised, thereby making it possible to cope with fuller colors.

(0006)

To widen the half-value width of the diffraction efficiency, it is effective to use a hologram screen having interference stripes that have been multiplex-recorded. In addition, the hologram screen is equipped with a photosensitive plate having interference stripes which are made of gelatine bichromate, photo polymer, etc. and capable of diffracting the projected beam.

(0007)

(Example)

Figure 1 shows a hologram display device in an example of this invention. This hologram display device comprises a hologram screen 1 that has been arranged in front of the observer 3, a hologram mount 4 that supports this hologram screen 1 and a projector 2 that has been provided on the side which is opposite to the observer

3 as compared with the hologram screen 1.

This hologram screen 1 is constructed in such a way that the incident angle at its center or $(\theta)_0$ shall be 35 degrees and the angle of exit at zero degree which is perpendicular to the hologram screen 1 and that, moreover, the maximum diffraction efficiency $(\eta)_p$ (Translator's Note: ? indicates that the code shown is not legible) shown in Figure 2 or the peak may have the diffraction efficiency of 550 nm.

Furthermore, the width of the half value (one half of the maximum diffraction efficiency or $(\eta)_p/2$) of this diffraction efficiency or the so-called half value width is in the range between 80 nm and 150 nm.

(0008)

Since, according to the hologram display device of this example, the peak value of the diffraction efficiency is set at 550 nm which is the center of the range between 400 nm and 700 nm, the ranges of view for the observer from above and from below become equal even if the said observer 3 may move up or down.

To be specific, if the observer 3 moves down in Figure 1, the screen 1 as a whole where the diffraction beam has shifted to a short wave-length will look bluish to the observer. If he further moves down, the diffraction beam becomes weaker and cannot be recognized any longer.

If the observer moves up, on the other hand, the hologram screen 1 as a whole where the diffraction beam has shifted to a long wave-length will look reddish to the said observer 3. If he moves up further, the diffraction

light becomes weaker and cannot be recognized any longer. The ranges which can be observed by the observer 3 at the time when he moves in the upward and downward directions (those areas that he can observe from up and down) are called the fields of sight. According to the hologram display device of this example, the ranges observable from up and from down are the same.

(0009)

According to the hologram display device of prior art, where there is a hologram screen having a diffraction efficiency of 514 nm at the center, a shift has already been made to the side of short wave-lengths at the center of the said hologram screen. Therefore, it will no longer be seen by the observer if he moves up a little.

In the case where the observer moves downward, on the other hand, it can remain observable even if he may move substantially. The hologram display device having the conventional hologram screen having the diffraction efficiency of 514 nm at the center has vastly different ranges of sight from up and down in an uneven manner as described above.

(0010)

The hologram display device of this example has such ranges of sight equally balanced, thereby making them easily observable. According to the hologram display device of this example, moreover, the display luminance is improved. The display luminance can be shown as the result of the spectral distribution of the filter of the display device, the spectral distribution of the light

source and the comparative visual sense of a human, all multiplied together.

The spectral distribution of the filter at the time when LCD (liquid crystal display device) has been used as a display device is shown in Figure 3. The spectral distribution at the time when a metal halide lamp has been employed as the light source will be shown in Figure 4. In addition, the comparative visual sense of humans is shown in Figure 5. The luminance obtained by multiplying these is shown in Figure 6.

As can be seen in Figure 6, the maximum peak of the luminance is located in the vicinity of 550 nm and the efficiency of light source utilization becomes better when the central wave-length lies in the neighborhood of 550 nm as described in this invention rather than in the neighborhood of 514 nm according to prior art. As a consequence of this, the display luminance of the hologram display device according to the example of this invention is higher.

(0011)

Next, the method for the preparation of the hologram screen 1 that has been employed in the hologram display device of this example will be explained below.

Figure 7 shows an optical device for the preparation of interference stripes that were recorded on the hologram screen 1. This optical device itself is the same as those which have been known since earlier days. It separates the laser light, one beam being called the reference beam and the other the object beam, so that the interference stripes may be formed on the hologram dry plate by the reference beam and the object beam.

(0012)

Ar laser has been employed as the laser 11. The wavelength of the laser that has been emitted from this laser 11 is 514 nm. The light that has emitted the laser 11 is reflected from the mirror 12 and is divided into two light passages. One enters the hologram dry plate 6 as a reference beam 17 through the mirror 14, the mirror 15, and the object lens 16. The other goes through the mirror 18, and the object lens 19 and, in the form of parallel beams as prepared by the object lens 20, goes through the dispersion plate 21 and the light that has been reflected by the half mirror 22 enters the hologram dry plate 6 as an object beam 23.

(0013)

The hologram dry plate 6 is made of gelatine bi-chromate that has been sensitized by methylene blue and the interference stripes that diffract the projection light are sensitized by exposure. As the hologram dry plate 6 that has been exposed is developed, the interference stripes are formed and the hologram screen 1 is obtained.

As for the incident angles of the reference beam 17 and the object beam 23 that enter the hologram dry plate 6, the incident angle $(\theta)_2$ of the reference beam is 33.9 degrees and the incident angle $(\theta)_1$ of the object beam is 1.1 degrees.

(0014)

The incident angle at which the beam that has been emitted from the projector 2 enters the hologram screen 1 is 35 degrees and the exit angle of the same is

zero degree as is shown in Figure 1. When the incident angle is set at 35 degrees, the exit angle at zero degree and the refractive index of the hologram screen 1 at 1.52, the angle formed between the interference stripes of this hologram screen 1 and the diffraction light will become 11.1 degrees in accordance with the rules of Snell.

(0015)

Next, let us consider the requirement of ... (Translator's Note: unclear but looks like either Plag or Blag) ... which is $2nd \cdot \sin(\theta) = m(\lambda)$, where n indicates the refractive index of the medium. The refractive index of air is one and the refractive index of the gelatine bichromate dry plate is 1.52, d is the distance between the interference stripes, (θ) is the angle formed between the incident light and the interference stripes, m is an integer and (λ) indicates the wave-length of light.

In considering two kinds of wave-lengths (λ) and $(\lambda)'$ with different wave-lengths on a prescribed hologram screen without a change in the medium and the interference stripe, if the angles formed by the incident light of two different kinds of wave-lengths and the interference stripes are expressed by (θ) and $(\theta)'$, the following becomes valid:

(Translator's Note: Insert (a) at the top of the right-hand column on p. (3).

(0016)

If $(\lambda) = 550 \text{ nm}$ (the peak wave-length of the diffraction efficiency at the center of the hologram on

the hologram screen according to this invention),
 $(\lambda)' = 514 \text{ nm}$ (the wave-length of the Ar laser
 constituting the laser 11) and $(\theta) = 11.1 \text{ degrees}$
 (the angle formed by the incident light of the light
 whose (λ) equals 550 nm and the interference
 stripes) are introduced, the $(\theta)'$ will become 10.4
 degrees (the angle formed by the incident light of
 the beam whose $(\lambda)'$ is 514 nm and the interference
 stripes).

(0017)

Figure 10 shows the angle formed between the
 said interference stripes 101 and the wave-length
 $(\lambda)'$ at $(\theta)' = 10.4 \text{ degrees}$. If the incident
 angle and the angle of exit are calculated according
 to the Snell rule, they will become 33.9 degrees and
 1.1 degrees respectively. These angles of incidence
 and exit are $(\theta)_1 = 33.9 \text{ degrees}$ and $(\theta)_2 =$
 1.1 degrees as shown in Figure 8. As exposure is
 effected for the hologram dry plate 6 by using a laser
 beam whose wave-length is 514 nm , with the incident
 angle of the reference beam 17 at $(\theta)_1 = 33.9$
 degrees and the incident angle of the object beam at
 $(\theta)_2 = 1.1 \text{ degrees}$, the interference stripes 101
 are exposed on the hologram dry plate 6. When this holog-
 ram dry plate 6 is developed according to the normal
 method, the hologram screen 1 shown in the example is
 obtained.

(0018)

In the case where the incline of the interference
 stripes changes in conformity with the change in the thick-

ness of the dry plate as is observed at the time of the development of the hologram dry plate 6, moreover, it becomes necessary to correct the said incline of the interference stripes. To expand the half-value width of the diffraction efficiency, such means as the use of a hologram dry plate having a wide half-value width or the acquisition of a hologram screen with the interference stripes having a plurality of inclines by means of multiplex exposure is effective.

(0019)

As another example, it is possible to effect recording directly in the direction of 35 degree incidence and zero degree exit by using the oscillation wavelength 550 plus/minus 30 nm of the pigment laser or 530 nm of the Kp laser as the laser for recording.

(0020)

(Effect of the Invention)

The hologram display device according to this invention uses a hologram screen with the peak of its diffraction efficiency at 550 nm plus/minus 30 nm. In other words, since 550 nm which is the central wave-length of the visible range has been used as the peak wave-length of the diffraction efficiency, the ranges of sight have become equal against the center. In addition, the utilization efficiency of the light source has improved, with a resultant improvement in the display luminance. As the half-value width of the diffraction efficiency has been widened to 80 nm or more, further, the full-color properties have been improved.

(Concise Explanation of the Drawings)

(Figure 1)

This is a model of the hologram display device in an example of this invention.

(Figure 2)

This is a diagram showing the relation between the diffraction efficiency and the wave-length showing the diffraction characteristics of the hologram screen in the example.

(Figure 3)

This is a diagram showing the spectral distribution of the filter at the time when LCD (liquid crystal display device) has been used.

(Figure 4)

This is a diagram showing the spectral distribution at the time when a halide lamp has been used as the source of light.

(Figure 5)

This is a diagram showing the comparative visual senses of humans.

(Figure 6)

This is a diagram showing the relation between the lumaince obtained by multiplying the spectral distribution of the filter, the spectral distribution of the light source and the comparative visual senses of humans and the wave-length.

(Figure 7)

This shows an optical system device that makes the interference stripes of the hologram screen in the example.

(Figure 8)

This is a model showing, in an expanded manner, the angles of incidence for the reference beam and the object beam that enter the hologram dry plate of the optical device shown in Figure 7.

(Figure 9)

This is a model showing the angle formed by the interference stripes and the diffraction light at the time when the incident angle is 35 degrees and the degree of exit is zero degree.

(Figure 10)

This is a model showing the angle which is formed by the incident light whose wave-length is 514 nm and the interference stripes.

(Explanation of the Codes Used)

1. Hologram screen
2. Projector
3. Observer
4. Hologram mount
6. Hologram dry plate
11. Laser
17. Reference beam
23. Object beam
101. Interference stripe

--

(Insert Figure 1 on p. (4). 1. Hologram screen. 2. Projector. 3. Observer. 4. Hologram mount.)

(Insert Figure 2 on p. (4). a. Diffraction efficiency. b. Wave-length (λ) (nm). c. Half value width.)

(Insert Figure 3 on p. (4). d. Wave-length (λ) (nm). e. Luminosity.)

(Insert Figure 4 on p. (4). f. Wave-length (λ) (nm). g. Luminosity.)

(Insert Figure 6 on p. (4). h. Wave-length (λ) (nm). i. Luminosity.)

(Insert Figure 8 on p. (4). 2. Object beam. 6. Hologram dry plate. 17. Reference light.)

(Insert Figure 5 on p. (5). j. Sensitivity. k. Wave-length (λ) (nm).)

(Insert Figure 7 on p. (5). 11. Laser. 12. Mirror. 13. Half mirror. 14. Mirror. 15. Mirror. 16. Object lens. 17. Reference light. 18. Mirror. 19. Object lens. 20. Paraboloidal mirror. 21. Dispersion plate. 22. Object beam.)

(Insert Figure 9 on p. (5). 1. Hologram screen. 101. Interference stripe.)

(Insert Figure 10 on p. (5).)